

СПОСОБЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Астапович Е.И.
Парамонов А. И. – кандидат техн. наук, доцент кафедры ПОИТ

В работе кратко рассмотрены текущие подходы к уровню оценки безопасности сооружений в российских и белорусских законах и стандартах, их критика, опубликованная в научных журналах, и предложены пути устранения обозначенных недостатков.

Оценка уровня безопасности является неотъемлемым этапом при проектировании строительных сооружений. Строительное сооружение – это единичный результат строительной деятельности, предназначенный для осуществления определенных потребительских функций. В контексте данной статьи будем рассматривать строительные сооружения, подразумевающие временное или постоянное пребывание людей, такие как: жилые здания, офисные здания, станции метрополитена, площадки для организации уличных фестивалей и др.

Безопасностью сооружения можно назвать его способность выполнять свои функции без угрозы жизни и/или здоровью находящихся в нем людей. Несмотря на такую жесткую формулировку, полностью исключить наличие угрозы невозможно. В связи с этим большинство требований к безопасности сооружений разработаны с использованием стохастических подходов.

Хотя единичная угроза жизни и/или здоровью может возникнуть и в процессе обычной эксплуатации сооружения, большинство угроз возникает при образовании и развитии чрезвычайной ситуации внутри сооружения. Чрезвычайная ситуация – обстановка, сложившаяся на определенной территории в результате промышленной аварии, иной опасной ситуации техногенного характера, катастрофы, опасного природного явления, стихийного или иного бедствия, которые повлекли или могут повлечь за собой человеческие жертвы, причинение вреда здоровью людей или окружающей среде, значительный материальный ущерб и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Наиболее распространенным способом обеспечения безопасности людей, в условиях развития чрезвычайной ситуации, является эвакуация. Эвакуация – процесс движения людей из помещения, здания, сооружения по эвакуационным путям с целью предотвращения возможного воздействия на них опасных факторов чрезвычайной ситуации.

Уровнем безопасности сооружения будем называть некоторую интегральную характеристику сооружения, определяющую безопасность его использования.

Традиционно область обеспечения безопасности сооружений регулировалась государством. Отличительной особенностью государственного регулирования безопасности сооружений является то, что в конечном итоге законодательные документы представляют собой набор конкретных требований. С точки зрения государственного регулирования можно выделить всего два уровня безопасности сооружений: «безопасный» и «не безопасный». При этом «безопасным» считается сооружение, которое удовлетворяет всем законодательным требованиям, а «не безопасным» считается сооружение, не удовлетворяющее требованиям. Хотя такой подход оправдан при государственном регулировании, где целью является вынести однозначное решение о безопасности либо небезопасности здания, при проектировании сооружения может быть полезно иметь более сравнимую оценку уровня безопасности сооружения, такую оценку, которая позволяла бы сравнивать два различных сооружения (или две версии одного и того же сооружения) по уровню безопасности.

Для достижения такой цели воспользуемся детальными требованиями государственных стандартов, в частности, расчетной моделью обеспечения пожарной безопасности в ГОСТ 12.1.004-91. Данный ГОСТ требует, что «требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с помощью систем пожарной безопасности должен быть не менее 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более 10^{-6} воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека». Уровень обеспечения пожарной безопасности определяется в соответствии с расчетной моделью как:

$$P_B = 1 - Q_{П}(1 - P_{Э})(1 - P_{ПЗ}), \quad (1)$$

где $Q_{П}$ – вероятность пожара в здании в год;
 $P_{Э}$ – вероятность эвакуации людей;
 $P_{ПЗ}$ – вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты.

Вероятность пожара $Q_{П}$ чаще всего вычисляется статистическими методами для зданий похожей конструкции и/или назначения.

Вероятность эвакуации ($P_{Э}$) вычисляется по формуле:

$$P_{Э} = 1 - (1 - P_{ЭП})(1 - P_{ДВ}), \quad (2)$$

где $P_{ЭП}$ – вероятность эвакуации по эвакуационным путям;
 $P_{ДВ}$ – вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам, переходам в смежные секции зданий.

Вероятность эвакуации по эвакуационным путям принимается равной 0,999 при расчетном времени эвакуации меньше чем необходимое время, 0 при расчетном времени эвакуации значительно больше чем

необходимое время, и вычисляется по обратно пропорциональному закону между этими двумя точками. Вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам, переходам в смежные секции зданий ($P_{ДВ}$) принимается в пределах 0,01-0,05. Расчетное время эвакуации вычисляется через определение линейных размеров путей эвакуации и нормирования пешеходных потоков через эти пути.

Как можно заметить, предложенный в стандарте способ определения уровня безопасности сооружения представляет собой расчетную стохастическую модель. Основой данной модели является расчет времени эвакуации, которое однозначно преобразуется в вероятность эвакуации, и нормируется путем умножения на вероятность необходимости эвакуации.

Критика данной расчетной модели неоднократно высказывалась в различных научных статьях:

- Статистический метод определения вероятности пожара в сооружении ($Q_{П}$) не подходит для уникальных объектов. При этом удельный вес данной вероятности в итоговой $P_{В}$ достаточно высок, что позволяет выполнять требования стандарта, не обеспечивая достаточно надежной эвакуации и/или достаточно надежных технических средств противодействия чрезвычайной ситуации.
- Скорость движения людей при эвакуации определяется как функция плотности потока – не учитываются неоднородности скорости движения внутри потока, что значительно влияет на итоговое время эвакуации.
- Определение плотности потока как функции линейных размеров путей эвакуации не учитывает рельеф и препятствия на путях.
- Не учитывается место возникновения пожара.
- Не учитывается приоритетность эвакуации помещений в зависимости от динамики развития чрезвычайной ситуации.

Для устранения недостатка в способе расчета вероятности чрезвычайной ситуации в сооружении $Q_{П}$, представим уровень безопасности сооружения как характеристику сооружения в случае, если чрезвычайная ситуация уже наступила, т.е. примем $Q_{П}$ равным единице. Что касается оставшихся недостатков, устранение их в расчетной модели стандарта является крайне сложной задачей. Для полноценной оценки степени их влияния на конечный результат, а также для выявления способов, которыми они оказывают это влияние, необходимо либо иметь хорошо структурированные статистические данные, либо проводить дорогостоящие эксперименты в реальном мире. Оба варианта не являются практичным решением проблемы.

К счастью, существует еще одна альтернатива – имитационное моделирование. Более того, замена расчетной модели эвакуации на имитационную в целом улучшит качество модели по отношению к не типовым объектам. При замене расчетной модели на имитационную логично будет определять вероятность эвакуации напрямую статистическими методами: за вероятность эвакуации можно принять среднее значение отношения успешно эвакуированных людей к общему количеству людей.

Для осуществления поставленной цели необходимо разработать имитационную модель, включающую в себя два компонента: модель движения пешеходных потоков и модель развития чрезвычайной ситуации. Область имитационного моделирования пешеходных потоков достаточно развита – существуют множество моделей поведения пешеходных потоков. К сожалению, того же нельзя сказать про модели развития чрезвычайных ситуаций.

Также стоит отметить, что описанная модель оценивала уровень безопасности сооружения по отношению к пожару в качестве чрезвычайной ситуации. Для более полной оценки уровня безопасности сооружения будем вычислять произведение вероятностей обеспечения безопасности в каждой из набора чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, предложенная оценка уровня безопасности сооружений имеет вид:

$$P_{В} = \prod_{i=1}^n 1 - (1 - P_{Эi})(1 - P_{ПЭi}), \quad (3)$$

где n – количество рассматриваемых чрезвычайных ситуаций;

$P_{Эi}$ – вероятность эвакуации в случае возникновения чрезвычайной ситуации i ;

$P_{ПЭi}$ – вероятность эффективной работы технических решений, предотвращающих распространение чрезвычайной ситуации i .

Список использованных источников:

1. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения. СНиП 10-01-2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://снп.рф/снп/full/187>. Дата доступа: 20.03.2018.
2. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: Закон Респ. Беларусь, 5 мая 1998 г., №141-3. // kodeksy-by.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kodeksy-by.com/zakon_rb_o_zashite_naseleniya_i_territorij_ot_chrezvychajnyh_situatsij/1.htm. Дата доступа: 19.03.2018.
3. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. — Введен 1992–07–01. — М.: Издательство стандартов, 1996. — 97 с.
4. Холщевников, В.В. Проблемы оценки безопасности людей при пожаре в уникальных зданиях и сооружениях // Журнал «Пожаровзрывобезопасность» (выпуск 4, том 12). – 2003.
5. Танклевский, Л.Т. О возможности оптимизации движения эвакуирующихся из многоэтажных зданий / Л.Т. Танклевский, С.П. Юн, А.А. Таранцев. // Журнал «Пожаровзрывобезопасность» (выпуск 1, том 14). – 2005.
6. Сметанкина, Г.И., Романченко С.А. Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности общественных зданий // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы всероссийской научно-практической конференции курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России, 2016, том 1.